

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua  
Sidang Akademik 2006/2007

April 2007

**EPP 362E/3 – Industrial Machine Vision**

Masa : 3 jam

---

**ARAHAN KEPADA CALON :**

Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **SEBELAS (11)** mukasurat dan **ENAM (6)** soalan yang bercetak dan **DUA (2)** lampiran (Lampiran A dan B) sebelum anda memulakan peperiksaan.

Jawab **LIMA (5)** soalan.

Calon boleh menjawab semua soalan dalam **Bahasa Malaysia** ATAU **Bahasa Inggeris** ATAU kombinasi kedua-duanya.

Jawapan bagi setiap soalan hendaklah dimulakan pada mukasurat yang baru.

**Lampiran:**

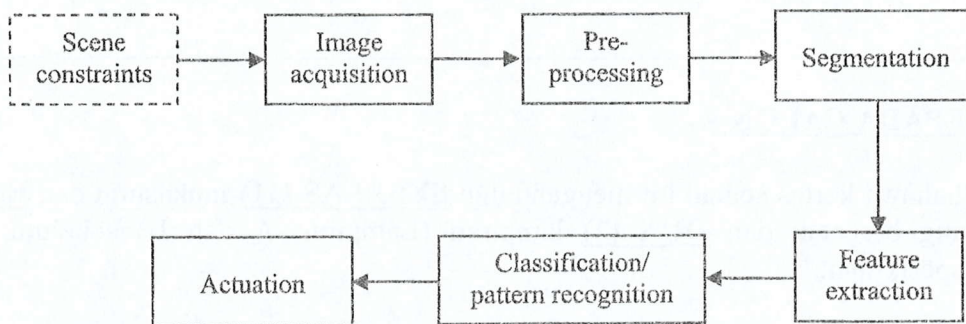
1. Lampiran A [1 mukasurat]
2. Lampiran B [1 mukasurat]

**Q1. [a]** Figure Q1[a] shows the generic model of a typical machine vision system. What are the functions of the following sub-systems in the model?

- (i) Pre-processing
- (ii) Segmentation
- (iii) Feature extraction

*Rajah S1[a] menunjukkan model generik bagi sistem penglihatan mesin yang tipikal. Apakah fungsi sub-sistem berikut dalam model tersebut?*

- (i) Pra-pemprosesan
- (ii) Peruasan
- (iii) Penyarian sifat



**Figure Q1[a]**  
*Rajah S1[a]*

**(15 markah)**

**[b]** What is the aim of the scene constraints sub-system in the generic model shown in Figure Q1[a]? Give any FIVE (5) examples of scene constraints that can be exploited in a machine vision system.

*Apakah tujuan sub-sistem kekangan pemandangan dalam model generik yang ditunjukkan dalam Rajah S1[a]? Berikan mana-mana LIMA (5) contoh kekangan pemandangan yang boleh dieksploitasi dalam sistem penglihatan mesin.*

**(25 markah)**

**[c]** With the aid of suitable sketches, explain the following lens aberrations:

- (i) Coma
- (ii) Astigmatism

*Dengan bantuan lakaran yang sesuai, terangkan aberasi-aberasi kanta berikut:*

- (i) *Koma*
- (ii) *Keastigmatan*

(20 markah)

[d] An imaging system uses a CCD camera fitted with a lens of 25 mm focal length. The numerical aperture of the lens is set to 5.6. The image sensor has physical dimensions 10 mm × 10 mm. The lens-to-sensor distance is 40 mm. Calculate:

- (i) The diameter of the lens aperture.
- (ii) The lens-to-object distance.
- (iii) Magnification of the system.
- (iv) Maximum height of object than can completely fill the image sensor.

*Suatu sistem pengimejan menggunakan kamera CCD dipasang kanta yang mempunyai jarak fokus 25 mm. Bukaan berangka kanta tersebut ialah 5.6. Sensor imej mempunyai dimensi fizikal 10 mm × 10 mm. Jarak kanta-ke-sensor ialah 40 mm. Kira:*

- (i) *Diameter bukaan kanta.*
- (ii) *Jarak kanta-ke-objek.*
- (iii) *Pembesaran sistem.*
- (iv) *Ketinggian maksimum objek yang boleh memenuhi sensor imej sepenuhnya.*

(40 markah)

Q2. [a] With the help of a sketch, describe how an image is acquired into a computer and state the signal transformation that occurs in every stage of acquisition.

*Dengan bantuan lakaran, huraikan bagaimana suatu imej diperolehi ke dalam komputer dan nyatakan penjelmaan isyarat yang berlaku dalam setiap peringkat perolehan.*

(30 markah)

[b] With the help of a sketch, describe what log-polar mapping is.

*Dengan bantuan lakaran, huraikan apakah pemetaan log-kutub.*

(20 markah)



- [c] There are two types of quantum detectors which are external and internal photo-effects. Describe THREE (3) differences between them.

*Terdapat dua jenis pengesan kuantum iaitu pengesan cahaya luaran dan dalaman. Huraikan TIGA (3) perbezaan antara mereka.*

(30 markah)

- [d] Why does a computer seldom process image directly within the frame-store?

*Mengapakah komputer jarang memproses imej secara langsung di dalam penyimpanan kerangka?*

(20 markah)

- Q3. [a] With the aid of the gray level histogram of an image, explain how the contrast in an image can be increased.

*Dengan bantuan histogram paras kelabu bagi sebuah imej, terangkan bagaimana kebezajelasan dalam imej boleh ditingkatkan.*

(10 markah)

- [b] The contrast in an 8-bit image needs to be improved using piecewise linear mapping functions. The original gray values and the new gray values after mapping are shown in Figure Q3[b]. Derive the mapping functions suitable for this operation.

*Kebezajelasan dalam imej 8-bit perlu ditingkatkan dengan menggunakan fungsi pemetaan lurus sesecebis. Nilai kelabu asal dan nilai kelabu baru selepas pemetaan ditunjukkan dalam Rajah S3[b]. Terbitkan fungsi-fungsi pemetaan yang sesuai bagi operasi tersebut.*

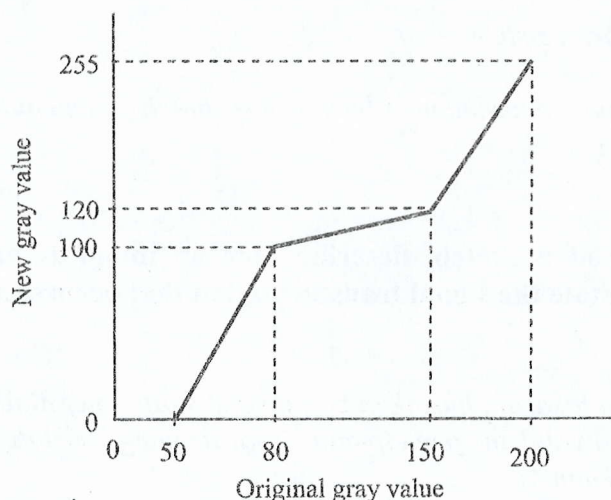


Figure Q3[b]  
Rajah S3[b]

(30 markah)

- [c] What is the main advantage of the Gaussian filter compared to an average filter? Determine the value of the output pixel at the location shown in the array in Figure Q3[c] when filtered using a  $1 \times 5$  Gaussian filter having  $\sigma = 2$ . The one-dimensional Gaussian function is given by:

*Apakah kelebihan utama penuras Gaussian dibandingkan dengan penuras purata? Tentukan nilai piksel output pada lokasi yang ditunjukkan di dalam tatasusunan dalam Rajah S3[c] apabila dituras dengan menggunakan penuras Gaussian  $1 \times 5$  dengan  $\sigma = 2$ . Fungsi Gaussian satu dimensi diberikan oleh:*

$$G(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$

60	72	86	94	34	54	60
----	----	----	----	----	----	----

↑

Figure Q3[c]  
Rajah S3[c]

(30 markah)

- [d] Figure Q3[d] shows the pixel values in an image array at a particular region. Determine the pixel value in the output image at location (3,4) if the image undergoes each of the following filtering operations:

- (i) Median filtering using  $3 \times 3$  window
- (ii) Mode filtering using  $3 \times 3$  window
- (iii) Average filtering using  $3 \times 3$  window

*Rajah S3[d] menunjukkan nilai-nilai piksel di dalam tatasusunan imej pada suatu kawasan. Tentukan nilai piksel di dalam imej output pada lokasi (3,4) jika imej tersebut melalui setiap operasi penurasan berikut:*

- (i) Penurasan median dengan tingkap  $3 \times 3$
- (ii) Penurasan mod dengan tingkap  $3 \times 3$
- (iii) Penurasan purata dengan tingkap  $3 \times 3$



$j \rightarrow$							
$i \downarrow$	80	126	102	108	76	142	148
	84	24	192	220	198	132	122
	64	110	120	102	192	166	121
	50	140	85	135	25	109	98
	128	125	86	76	190	156	95

Figure Q3[d]  
Rajah S3[d]

(30 markah)

Q4. [a] Figure Q4[a] shows the intensity value of pixels in an image.

Rajah S4[a] menunjukkan nilai keamatan piksel-piksel dalam suatu imej.

		$x \rightarrow$													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$y \downarrow$	1		89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89
	2		89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89
	3		89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89
	4		89	89	89	89	89	213	213	213	89	89	89	89	89
	5		89	89	89	89	213	213	213	213	213	89	89	89	89
	6		89	89	89	213	213	213	213	213	213	213	89	89	89
	7		89	89	89	213	213	213	213	213	213	213	89	89	89
	8		89	89	89	213	213	213	213	213	213	213	89	89	89
	9		89	89	89	89	213	213	213	213	213	89	89	89	89
	10		89	89	89	89	89	213	213	213	89	89	89	89	89
	11		89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89
	12		89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89
	13		89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89

Figure Q4[a]  
Rajah Q4[a]

		$x \rightarrow$			
			1	2	3
$y \downarrow$	1		1	1	1
	2		1	-2	-1
	3		1	-1	-1

Figure Q4[a](i)  
Rajah Q4[a](i)

- (i) Calculate the gradient magnitude for all pixels by applying Prewitt mask shown in Figure Q4[a](i) and write the value in the output array in Appendix A. (Detach the appendix and submit with your answer script).
  - (ii) From the calculation in Q4[a](i), select a suitable threshold value and circle the pixels that will become the edges.
  - (iii) By comparing Figure Q4[a] and the edges found in Q4[a](ii), state whether there is any missing edges. Explain why.
- 
- (i) *Kira magnitud kecerunan bagi semua piksel dengan mengenakan topeng Prewitt yang ditunjukkan dalam Rajah S4[a](i) dan tulis nilai-nilai tersebut di dalam tatasusunan keluaran dalam Lampiran A. (Leraikan lampiran tersebut dan hantarkan bersama skrip jawapan anda.)*
  - (ii) *Daripada kiraan dalam S4[a](i), pilih nilai ambang yang sesuai dan bulatkan piksel-piksel yang akan menjadi pinggir.*
  - (iii) *Dengan membandingkan Rajah S4[a] dan pinggir-pinggir yang didapati dalam S4[a](ii), nyatakan sama ada terdapat pinggir yang hilang. Terangkan mengapa.*

(60 markah)

- [b] The black pixels as shown in Figure Q4[b] have been detected as edges that may lie on a line.
  - (i) Calculate the Hough transform for the position coordinates  $x$  and  $y$  of each edge pixel to slope  $m$  and intercept  $C$ . Compute the intercept  $C$  for the slope  $m = 0.2, 0.4$  and  $0.6$ .
  - (ii) Sketch the loci for each edge in Hough space; intercept  $C$  versus slope  $m$ .
  - (iii) Determine the slope  $m$  and intercept  $C$  for the line and hence write the equation representing the line.

Piksel-piksel hitam seperti ditunjukkan dalam Rajah S4[b] telah dikesan sebagai pinggir yang mungkin terletak atas satu garisan.

- Kira penjelmaan Hough bagi koordinat posisi  $x$  dan  $y$  bagi setiap pinggir kepada kecerunan  $m$  dan titik persilangan  $C$ . Kira titik persilangan  $C$  bagi kecerunan  $m = 0.2, 0.4$  dan  $0.6$ .
- Lakarkan londar-londar bagi setiap pinggir dalam ruang Hough; titik persilangan  $C$  melawan kecerunan  $m$ .
- Tentukan kecerunan  $m$  dan titik persilangan  $C$  bagi garisan tersebut dan seterusnya tulis persamaan yang mewakili garisan tersebut.

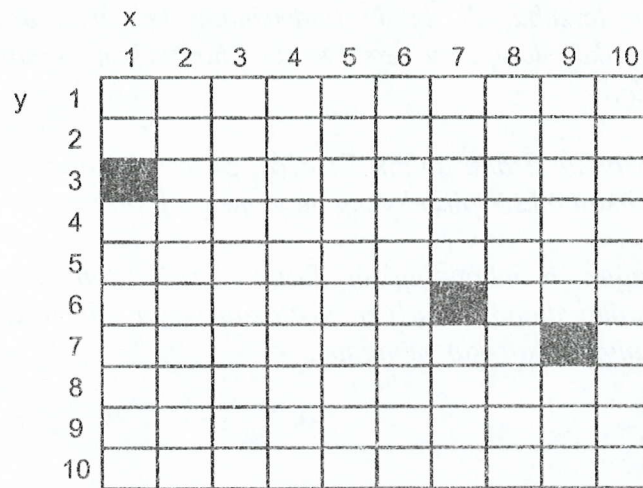


Figure Q4[b]

Rajah S4[b]

(40 markah)

- Q5. [a] Name any FOUR (4) image features that are invariant to translation, rotation and scaling.

Namakan mana-mana EMPAT (4) ciri imej yang tak varian terhadap translasi, putaran dan penskalaan.

(10 markah)

- [b] Determine the run code for the object shown in Figure Q5[b]. Using the run code, determine the centroid  $(\bar{x}, \bar{y})$  of the object.

Tentukan kod larian bagi objek yang ditunjukkan dalam Rajah S5[b]. Dengan menggunakan kod larian, tentukan sentroid  $(\bar{x}, \bar{y})$  bagi objek tersebut.



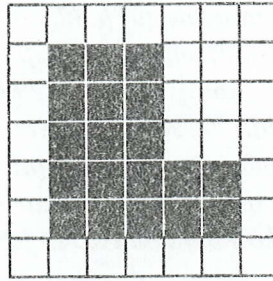
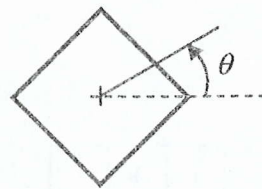


Figure Q5[b]  
Rajah S5[b]

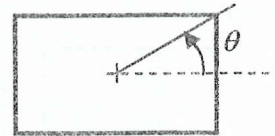
(25 markah)

- [c] Explain what is meant by 'polar radius signature'. Sketch the polar radius signature for each of the shapes shown in Figure Q5[c](i)-(iv). Label the axes in your sketch clearly.

Terangkan apa yang dimaksudkan dengan 'pengenalan jejari kutub'. Lakarkan pengenalan jejari kutub bagi setiap bentuk yang ditunjukkan dalam Rajah S5[c](i)-(iv). Tandakan paksi-paksi dalam lakaran anda dengan jelas.



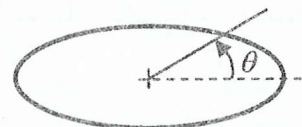
(i)



(ii)



(iii)



(iv)

Figure Q5[c]  
Rajah S5 [c]

(25 markah)

- [d] What is the effect of the 'erosion' morphological operations on an image? Figure 5[d] (Appendix B) shows a  $10 \times 10$  pixel image that undergoes erosion operations using two types of structuring elements as shown in the figure. Assuming that the black pixels represent the foreground, shade the pixels in the resulting image that correctly depict the output of each operation. (Detach the figure and attach it together with your answer script.)

Apakah kesan operasi morfologi 'hakisan' pada sesuatu imej? Rajah 5[d] (Lampiran B) menunjukkan imej  $10 \times 10$  piksel yang melalui operasi hakisan dengan menggunakan dua jenis elemen penstrukturkan seperti yang ditunjukkan dalam rajah tersebut. Dengan mengandaikan bahawa piksel hitam mewakili latar hadapan, lorekkan piksel-piksel dalam imej yang terhasil yang menggambarkan output bagi setiap operasi dengan betul. (Leraikan rajah tersebut dan ikatkan bersama skrip jawapan anda).

(40 markah)

- Q6. [a] Explain the basic operation of the template matching process. Figure Q6[a](i) shows the image array of a 2-bit image in which the letter 'T' must be recognized. Using the template provided in Figure Q6[a](ii), obtain the correlation array for the image. Hence, determine the locations of the letter in the given image.

Terangkan operasi asas proses pepadanan pencontoh. Rajah S6[a](i) menunjukkan tatasusunan imej 2-bit di mana huruf 'T' perlu dikenalpasti. Dengan menggunakan pencontoh yang diberikan dalam Rajah S6[a](ii), dapatkan tatasusunan korelasi bagi imej tersebut. Seterusnya, tentukan lokasi-lokasi huruf tersebut dalam imej yang diberikan.

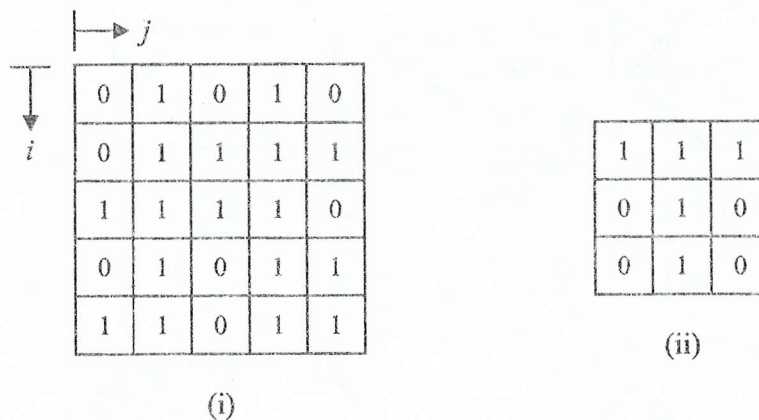


Figure Q6[a]  
Rajah S6[a]

(30 markah)

- [b] Table Q6[b](i) shows the areas  $A_1$  and  $A_2$  of metal particles extracted automatically using a machine vision system for two production methods (Method 1 and Method 2). It is necessary to use this information to classify particles of unknown production method into one of the two methods. With the aid of a feature space, derive the linear decision function  $d(A)$  to classify the unknown particle. Hence, determine the production methods for the particles  $P_1$  and  $P_2$  having areas shown in Table Q6[b](ii).

Jadual S6[b](i) menunjukkan luas  $A_1$  dan  $A_2$  bagi jirim-jirim logam yang disari secara automatik dengan menggunakan sistem penglihatan mesin bagi dua kaedah pengeluaran (Kaedah 1 dan Kaedah 2). Maklumat ini perlu digunakan untuk mengelaskan jirim-jirim yang belum diketahui kaedah pengeluarannya kepada salah satu kaedah tersebut. Dengan bantuan ruang ciri, terbitkan fungsi keputusan lurus  $d(A)$  untuk mengelaskan jirim-jirim tersebut. Seterusnya, tentukan kaedah pengeluaran bagi jirim-jirim  $P_1$  dan  $P_2$  yang mempunyai luas yang ditunjukkan dalam Jadual S6[b](ii).

Table Q6[b](i)

Jadual S6[b](i)

	Method 1 Kaedah 1					Method 2 Kaedah 2				
Area $A_1$ Luas $A_1$ ( $\times 10^{-3} \text{ mm}^2$ )	4.2	5.3	4.8	4.0	6.2	8.8	9.0	9.4	7.9	8.2
Area $A_2$ Luas $A_2$ ( $\times 10^{-3} \text{ mm}^2$ )	5.5	6.5	4.1	3.8	5.0	8.0	7.8	7.7	8.6	8.0

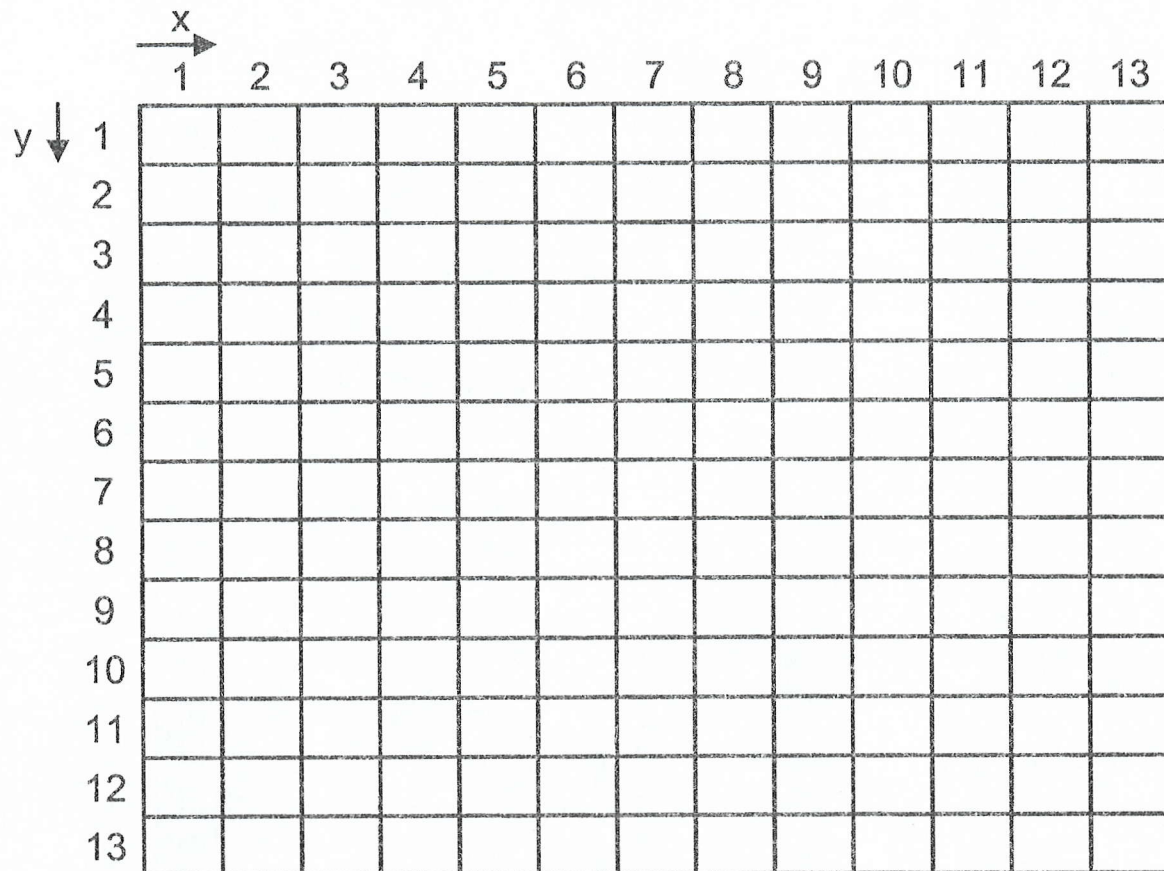
Table Q6[b](ii)

Jadual S6[b](ii)

	$P_1$	$P_2$
Area $A_1$ Luas $A_1$ ( $\times 10^{-3} \text{ mm}^2$ )	5.2	8.5
Area $A_2$ Luas $A_2$ ( $\times 10^{-3} \text{ mm}^2$ )	6.5	5.3

(70 markah)





**Answer Q4[a]**

*Jawapan S4[a]*

**Detach the appendix and submit with your answer script.**

*Leraikan lampiran tersebut dan hantarkan bersama skrip jawapan anda.*

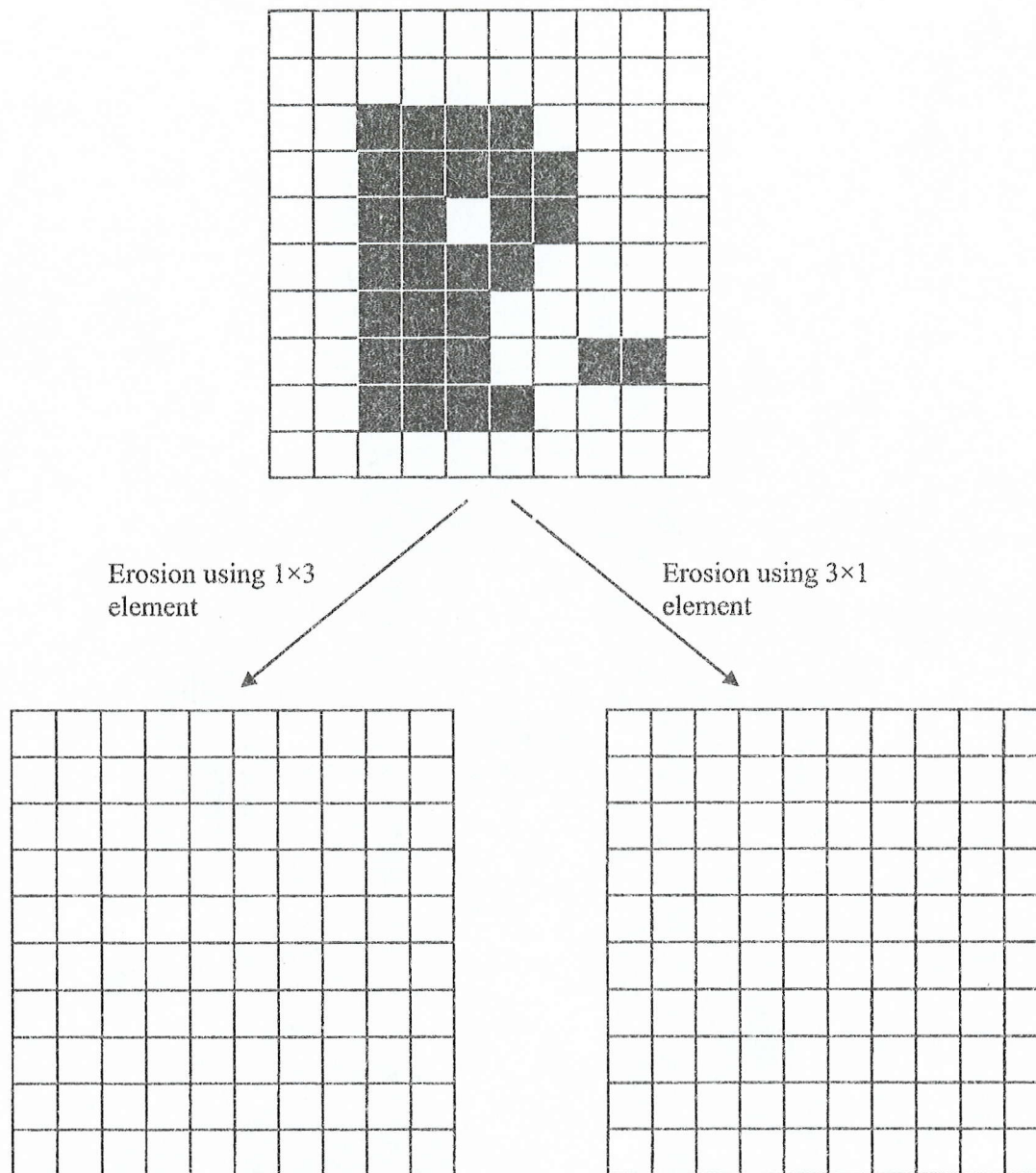


Figure Q5[d]  
Rajah S5[d]

(Detach this sheet and attach it with your answer script)